

CT 77 0036

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE ANATOMIQUE DE *L'Hibiscus cannabinus* L. (Malvacées)

Origine, mise en place et vieillissement des fibres phloémiennes

par

J. BOURÉLY ⁽¹⁾

Laboratoire de Cytologie et de Morphogénèse végétales de la Faculté des Sciences
9, quai Saint-Bernard, 75-PARIS (V^e)
et Centre de Technologie et de Chimie appliquées, I.R.C.T.
34, rue des Renaudes, 75-PARIS (XVII^e)

RÉSUMÉ

L'Hibiscus cannabinus L. possède dans ses parties aériennes trois sortes de fibres phloémiennes, des fibres externes, les unes d'origine primaire, les autres d'origine secondaire et des fibres internes pérимédullaires d'origine primaire. Dans la racine, il n'existe que des fibres externes, primaires et secondaires, qui se mettent en place depuis la plantule âgée de 260 heures, puis tout au long de la vie de la plante.

La structure anatomique des massifs phloémiens externes varie avec l'âge de la plante et selon leur niveau dans les différents organes. Elle est caractérisée, chez la plante âgée, là où l'évolution est maximale, par la constitution de massifs fibreux en forme de triangle. Le phloème interne qui existe seulement dans les parties aériennes donne naissance à des faisceaux de fibres phloémiennes pérимédullaires, variables en nombre et en importance selon leur niveau dans la plante et leur position autour de la moelle.

Dans une plante d'un âge déterminé, l'assise de fibres externes, primaires, montre l'extension longitudinale la plus grande; les assises de fibres secondaires, les dernières formées, sont les plus réduites.

Les différents types de fibres se forment à des niveaux précis selon l'âge de la plante, ce qui permet de tracer le diagramme des assises fibreuses dans les diverses parties de celle-ci.

SOMMAIRE

- | | |
|--|--|
| I. INTRODUCTION. | IV. PHLOÈME ET FIBRES INTERNES. ORGANISATION ET ÉVOLUTION. |
| II. ORIGINE ET MISE EN PLACE DES FIBRES DANS LA RACINE. | V. ANATOMIE ET RÉPARTITION DES FIBRES DANS DES PLANTES D'UN ÂGE DÉTERMINÉ. |
| III. VARIATION DE LA STRUCTURE ANATOMIQUE DES MASSIFS PHLOÉMIENS EXTERNES DANS LES DIFFÉRENTES PARTIES DE LA PLANTE. | VI. RÉPARTITION DES FIBRES DANS LES DIVERSES PARTIES DE LA PLANTE EN FONCTION DU NOMBRE DE FEUILLES FORMÉES. |
| 1. La plante jeune. | VII. CONCLUSIONS. |
| 2. Vieillissement et différenciation maximum des fibres. | VIII. BIBLIOGRAPHIE. |

**

I. — INTRODUCTION

Dans une précédente étude [2], nous avons défini l'origine et la mise en place des fibres dans les parties aériennes de *L'Hibiscus cannabinus* L. (Malvacées), où existent trois sortes de fibres phloémiennes :

1. des fibres externes, d'origine primaire, qui appa-

raissent d'abord dans l'hypocotyle, après 200 heures de germination, et plus tardivement dans la tige, au moment de la formation de la cinquième feuille ;

2. des fibres externes, d'origine secondaire, qui prennent naissance dans l'hypocotyle au moment de l'étalement de la quatrième feuille, et apparaissent

(1) Technologiste à l'I.R.C.T.

ensuite dans la tige lors de l'étalement de la onzième feuille ;

3. des fibres internes pérимédullaires, d'origine primaire, qui se forment d'abord dans la tige lorsque la plante atteint un stade de développement correspondant à l'acquisition de la onzième feuille, puis dans l'hypocotyle, au moment de la formation de la dix-septième feuille.

Nous nous proposons ici le compléter ces observations en traitant de la formation des fibres dans la racine, et en suivant l'évolution de la structure anatomique des massifs phloémiens externes et internes, depuis la racine jusqu'au point végétatif. Nous indiquerons, pour les différents organes, comment s'effectuent le vieillissement de la plante et la différenciation maximum des fibres. Nous suivrons l'évolution et l'organisation du phloème et des fibres internes, puis nous décrirons l'anatomie et la répartition des fibres dans des plantes d'âges différents, avant de montrer quelles sont leur nature et leur importance dans les diverses parties de la plante, en fonction du nombre de feuilles formées. Dans cet exposé, nous utiliserons le terme de « phloème » pour désigner :

- les formations externes d'origine primaire du « phloème » *sensu stricto* ;
- les formations pérимédullaires d'origine primaire du « phloème » interne ;
- les formations externes du « phloème » d'origine secondaire ou « liber ».

Jusqu'à présent, les dénominations données aux fibres externes ont été très différentes selon les auteurs :

— d'une part, comme le fait remarquer ESAU [5], les fibres externes phloémiennes d'origine primaire sont à tort appelées « fibres péri-cycliques » (BEAUVRE [1], DEVSSON [3], etc.) ;

— d'autre part, les fibres externes phloémiennes, qu'elles soient d'origine primaire ou secondaire, sont le plus souvent groupées sous le vocable de « fibres libériennes » (« bast fibers » de Esau [5]) parmi lesquelles les fibres externes phloémiennes, d'origine secondaire, les premières formées, sont désignées, par des spécialistes du textile, sous le nom de « fibres libériennes secondaires », les fibres externes phloémiennes, secondaires, formées ensuite, étant appelées « fibres tertiaires » (MAILLARD et ROEHRICH [8]).

En fait, il n'existe chez l'*Hibiscus cannabinus* que des fibres phloémiennes, qui diffèrent seulement par leur origine, primaire ou secondaire, et par leur position, externe ou interne.

Il faut aussi remarquer que le terme de « fibres corticales », qui doit s'appliquer, en fait, aux seules fibres qui prennent naissance dans l'écorce [5], est souvent utilisé également pour désigner les fibres phloémiennes externes ; dans ce dernier cas, ce terme n'est pas réellement approprié, le phloème faisant partie du cylindre central et non pas de l'écorce. Dans les organes jeunes, l'écorce est bien développée et se distingue nettement du cylindre

central, qui renferme les fibres phloémiennes dans sa partie externe. Chez la plante adulte, par contre (voir pl. VI, fig. 2), le cylindre central est très développé : sa partie externe, qui groupe plusieurs assises de faisceaux de fibres, est presque 10 fois plus importante que l'écorce proprement dite, réduite seulement à 5 ou 6 assises de cellules. Par extension, et par analogie avec « l'écorce » des végétaux ligneux supérieurs (ou « bark » des auteurs anglais), on désigne cependant, sous le nom « d'écorce », l'ensemble des tissus extérieurs au xylème, zone qui renferme essentiellement les fibres. Cette zone correspond, en fait, au terme de « lanière », généralement utilisé dans la littérature technique textile pour indiquer la partie de la tige qui, dans l'opération mécanique du « délanierage », est détachée du xylème, au niveau du cambium.

Comme le précédent [2], ce travail a été réalisé avec une variété précoce d'*Hibiscus cannabinus* (la variété « Soudan Précoce ») sélectionnée par l'I.R.C.T. au Mali et récoltée, pour la fibre, à l'âge de 90 jours, en moyenne.

Les techniques anatomiques que nous avons utilisées étant très rudimentaires, nous ne croyons pas utile de les mentionner plus particulièrement ; il s'agit essentiellement de sections transversales « à main levée », pratiquées à divers niveaux dans les différents organes de la plante, et d'une coloration classique au bleu de méthylène — rouge de ruthénium.

II. — ORIGINE ET MISE EN PLACE DES FIBRES DANS LA RACINE

Dans la racine de la plantule âgée de 48 heures, le xylème (pl. I, fig. 1, xy) est encore entièrement cellulosique près de l'apex (section située à 2 mm de l'extrémité radiculaire) et 4 massifs de phloème, *ph*, sont déjà reconnaissables. Au moment où les premières fibres apparaissent à la base de l'hypocotyle (vers 200 heures de germination) [2], les parois des cellules phloémiennes de la racine ne sont pas encore épaissies (pl. I, fig. 2, *ph*). Ce n'est qu'après plus de 260 heures (pl. II, fig. 1, flèches) que les cellules médianes et externes des massifs phloémiens commencent à épaissir et à lignifier leurs parois : cette lignification se propage tangentiellement vers les extrémités de chaque massif phloémien et longitudinalement depuis le collet jusqu'à la zone de l'apex radiculaire. Au moment de l'étalement de la 2^e feuille, à 3 mm du collet, quelques fibres secondaires (pl. II, fig. 2, *fs*) se sont parfois déjà précocement formées. Elles sont séparées du xylème en anneau par un cambium réduit, *c*, et des fibres primaires, *fp*, par une ou deux assises de phloème fonctionnel, *phf*.

L'activité cambiale s'intensifie, et, lors de l'étalement de la 3^e feuille (pl. III, fig. 1), une section transversale, pratiquée au-dessous du collet, à 25 mm de la pointe radiculaire, montre une assise de fibres secondaires, *fs*, nouvellement constituée. On note dans la racine l'absence de phloème interne et, par conséquent, de fibres internes.

Chez une plante adulte possédant 31 feuilles (racine de 14 cm et parties aériennes de 115 cm), une coupe transversale effectuée à 1 cm du collet révèle la présence de six assises de fibres externes, l'une primaire, *fp*, les cinq autres secondaires, *fs* (pl. III, fig. 2). Comme dans les parties aériennes, mais avec une disposition moins régulière, les différentes assises de fibres successivement formées sont concentriques et séparées les unes des autres par du phloème fonctionnel cellulosique, *phf*. Les différents faisceaux qu'elles forment sont eux-mêmes séparés radialement par des rayons de parenchyme phloémien, primaire, *pli*, et secondaire, *pl2*.

III. — VARIATION DE LA STRUCTURE ANATOMIQUE DES MASSIFS PHLOÉMIENS EXTERNES DANS LES DIFFÉRENTES PARTIES DE LA PLANTE

1. Dans la jeune plante

A. — *La racine*: près de l'apex radiculaire de la plantule âgée de 48 heures (pl. I, fig. 1), les quatre massifs de phloème, *ph*, sont compacts et deux à deux symétriquement opposés par rapport au centre du cylindre central, occupé par la moelle encore réduite, *m*. Dans la partie médiane de la racine de la plantule âgée de 260 heures (fig. 1, A1), le xylème, *xy*, qui constitue la partie axiale, assure la rigidité: les fibres primaires rempliront ce même rôle dans l'hypocotyle.

B. — *L'hypocotyle*: on passe graduellement de la racine à l'hypocotyle (fig. 1, A2 et A3) en constatant que les massifs phloémiens s'étalent tangentiellement, en devenant moins épais. Ils sont, de plus, segmentés en « sous-massifs » par des cellules de parenchyme phloémien, *pli*. Le xylème, *xy*, en pachyte continu dans la partie médiane de la racine, se sépare en 4 ou 5 branches qui ménagent entre elles une zone médullaire, *m*. Dans sa région basale (fig. 1, A2), le jeune hypocotyle conserve l'alternance du xylème et du phloème. La séparation des massifs phloémiens originels est encore nette (fig. 1, B2, flèches doubles), à la base de l'hypocotyle, lors de l'étalement de la quatrième feuille, quand se forme la première assise de fibres secondaires, *fs*. Par contre, dès la formation de la 5^e feuille (fig. 1, C2), du fait de l'ampleur prise par les formations secondaires qui écartent et séparent les différents faisceaux de fibres primaires, *fp*, les massifs élémentaires de phloème primaire ne sont plus discernables. Dès le milieu de l'hypocotyle (pl. IV, fig. 1) (au moment de l'étalement de la 4^e feuille), puis en allant progressivement vers le sommet de celui-ci (fig. 1, B3 et C3), le phloème se superpose au xylème et constitue des assises circulaires.

Au moment où commencent à se former les premières fibres primaires (fig. 1, A2, *fp*), et aux niveaux où le phloème constitue des massifs distincts, les divers faisceaux d'un même massif sont à des stades évolutifs différents. Les « sous-massifs » phloémiens médians et les plus volumineux de chaque massif de

phloème se lignifient les premiers, alors que les « sous-massifs » périphériques, situés aux extrémités des massifs élémentaires de phloème et au voisinage du xylème, sont plus réduits et demeurent plus longtemps cellulosiques. Ces différences d'évolution, très nettes à la base de l'hypocotyle (fig. 1, A2, *ph* et *fp*), s'atténuent vers l'épicotyle et disparaissent quand la plante vieillit. Les fibres primaires se différencient alors simultanément (fig. 1, C3) en une assise continue.

Après la formation de la 4^e feuille, la lignification tardive des « sous-massifs » phloémiens, situés aux extrémités des massifs phloémiens originels (fig. 1, C2), généralise la disposition régulièrement circulaire des faisceaux de fibres primaires, dans la base de l'hypocotyle. Ce phénomène intervient plus tard dans la racine (fig. 1, D1, *fp*) et tend à créer une uniformité de structure dans les diverses parties de la plante.

Depuis la base de l'hypocotyle (fig. 1, B2) jusqu'au sommet de celui-ci (fig. 1, B3), le nombre des « sous-massifs » phloémiens augmente. Il passe de 20 à 40, à la base, à 80 et plus au sommet, mais le nombre des cellules qui les constituent diminue.

C. — *L'épicotyle et la tige*: chez la jeune plantule, au niveau de l'épicotyle (fig. 1, A4), le phloème, *ph*, peu différencié, constitue un anneau régulier. Lorsque la plante vieillit (fig. 1, B4 et D4), les « sous-massifs » phloémiens de la tige encore cellulosiques (B4) ou déjà lignifiés (D4) sont répartis uniformément sur une même circonférence, et ils sont séparés les uns des autres par du parenchyme phloémien, *pli*: cette disposition persiste lorsque les assises successives de fibres se mettent en place (la première étant primaire, les autres secondaires); elle tend alors à se généraliser dans toutes les parties de la plante.

2. Vieillessement et différenciation maximum des fibres

L'évolution des cellules du phloème externe en fonction de l'âge s'effectue en quatre phases principales:

Première phase: au cours de la première phase (fig. 1, A), le phloème primaire se met en place et évolue dans la jeune plantule. Cette première étape du développement du phloème primaire est caractérisée par l'hétérogénéité d'organisation de ce tissu dans les diverses parties de la plante. En particulier dans le sommet de la racine et dans la partie basale de l'hypocotyle, les cellules phloémiennes qui vont se transformer en fibres, sont, pour un même niveau, à des stades évolutifs différents. Au contraire, dans la partie haute de l'hypocotyle (fig. 1, A3) et dans l'épicotyle (fig. 1, A4), et plus tard dans la tige (fig. 1, B4), le phloème primaire, qui constitue alors un anneau circulaire, formera ou montre déjà des « sous-massifs » semblables dont toutes les cellules se transformeront simultanément en fibres.

Deuxième phase: au cours de la deuxième phase

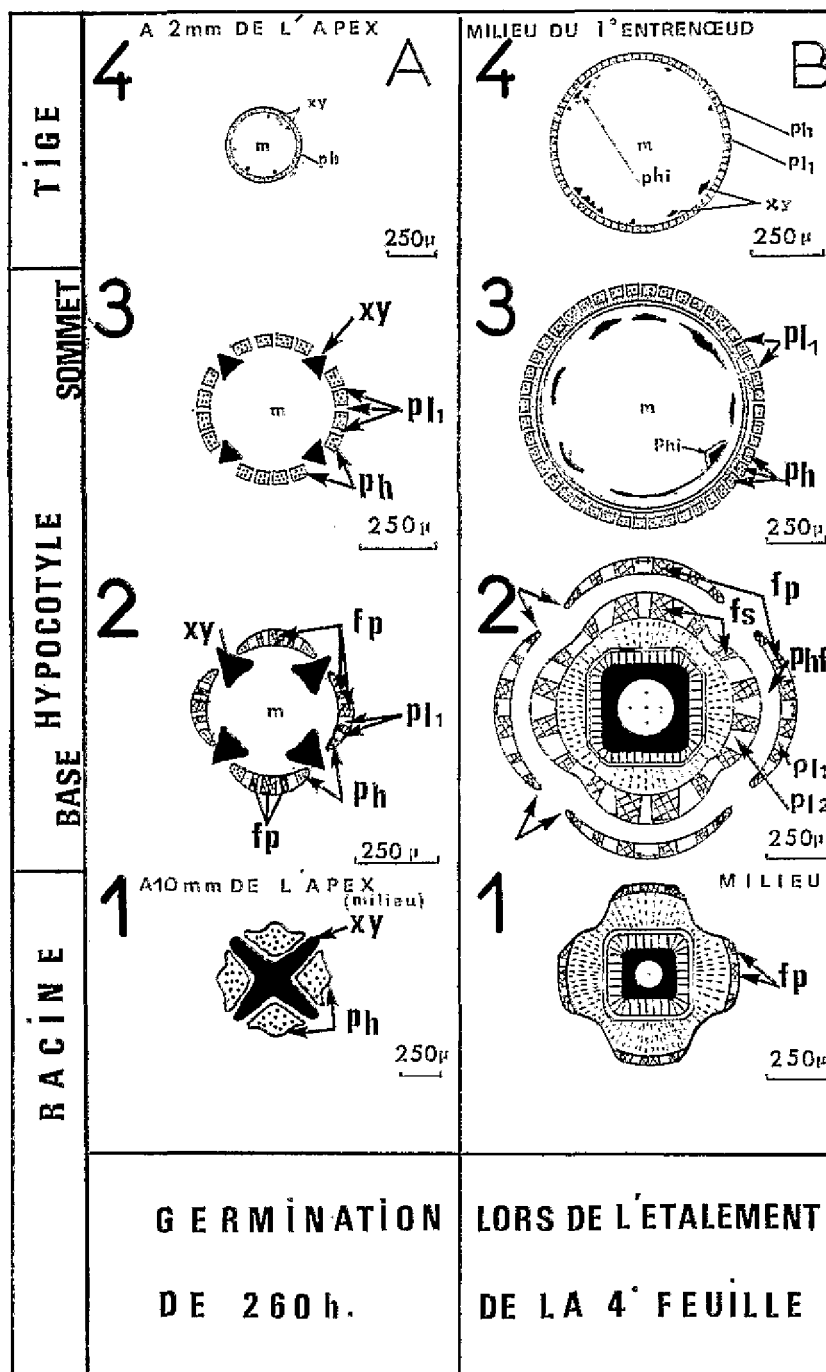


Fig. 1. — A et B.

Fig. 1. — Représentation schématique du cylindre central dans la racine, dans l'hypocotyle et dans la tige, montrant l'évolution comparée du phloème et du xylème : sections transversales à différents niveaux dans les divers organes de la plante en fonction de l'âge de celle-ci.

fi : fibres internes pérимédullaires ; *fp* : fibres primaires externes ; *fs* : fibres secondaires externes ; *m* : moelle ; *ph* : phloème primaire dont les « sous-massifs » se transformeront en fibres ; *phf* : phloème fonctionnel ; *phi* : phloème interne pérимédullaire ; *pl 1* : parenchyme phloémien d'origine primaire ; *pl 2* : parenchyme phloémien d'origine secondaire ; *xy* : xylème d'origine primaire.

Pour ne pas surcharger la figure, le phloème situé entre les faisceaux de fibres n'a pas été représenté par les signes conventionnels habituels, et en particulier entre les faisceaux de fibres constituant les « rangées fibreuses » (C2-D3).

A - Germination de 260 heures. — Première phase de l'évolution du phloème : mise en place du phloème primaire ; formation des premières fibres primaires.

Racine et hypocotyle : Le phloème, *ph*, constitue des massifs compacts (A_1), ou divisés en « sous-massifs » (A_2-A_3). Le xylème, *xy*, occupe le centre du cylindre central dans la partie médiane de la racine. En direction de la pointe radiculaire, et également vers l'hypocotyle, il se sépare en 4 ou 5 branches qui ménagent entre elles une zone médullaire, *m*.

A la base de l'hypocotyle (A_1) se forment les premiers faisceaux de fibres primaires, *fp* ; les « sous-massifs » phloémiens d'un même massif sont alors à des stades évolutifs différents, ceux des extrémités des massifs demeurant encore celluloseux, *ph*, les plus centraux étant déjà transformés en fibres, *fp*.

Au sommet de l'hypocotyle (A_2), les « sous-massifs » phloémiens sont encore tous celluloseux ; ils évolueront simultanément en se transformant en fibres dans la plante plus âgée.

Epicotyle (A_3) : Le phloème, *ph*, encore peu différencié, forme un anneau continu superposé au xylème, *xy*, encore très réduit.

B - Au moment de l'étalement de la 4^e feuille. Deuxième phase de l'évolution du phloème.

Racine et hypocotyle : Le phloème secondaire se met en place (B_1 , B_2 et B_3) et forme les premiers faisceaux de fibres secondaires, *fs*, à la base de l'hypocotyle (B_1).

Au sommet de l'hypocotyle et dans la tige, le phloème est disposé en couches circulaires B_2-B_3 , et tous les faisceaux qu'il différenciera évolueront simultanément. Noter la présence du phloème interne, *phi*, au sommet de l'hypocotyle (B_1), et dans la tige (B_2).

C - Au moment de l'étalement de la 5^e feuille. Troisième phase de l'évolution du phloème.

Racine et base de l'hypocotyle (C_1 et C_2) : Constitution de plusieurs assises de phloème secondaire. A leur niveau se forment des faisceaux de fibres secondaires, *fs*. A la base de l'hypocotyle (C_2), les faisceaux de fibres primaires, *fp*, et secondaires, *fs*, constituent radialement de véritables « rangées » fibreuses.

Sommet de l'hypocotyle et tige (base du 2^e entrenœud), (C_3-C_4) : Les faisceaux de phloème primaire se sont transformés simultanément en fibres, *fp*. Leur différenciation maximale est déjà atteinte au sommet de l'hypocotyle (C_3). A la base du 2^e entrenœud (C_4), le processus de lignification débute seulement.

D - Au moment de l'étalement de la 17^e feuille. 4^e phase de l'évolution du phloème (D_1).

Racine (D_1) : Noter, à ce stade, l'existence d'une assise externe de fibres primaires, *fp*, et d'une assise de fibres secondaires, *fs*.

Base de l'hypocotyle (D_2) : Les rangées fibreuses groupées ont formé des massifs en forme de triangle.

Sommet de l'hypocotyle (D_3) : Les faisceaux de fibres se groupent radialement en « rangées » fibreuses (3^e étape de l'évolution du phloème). Noter la présence de fibres internes, *fi*.

Tige (D_4) : Sommet du 5^e entrenœud. Après la formation de la première assise de fibres externes primaires, *fp*, et des fibres internes pérимédullaires, *fi*.

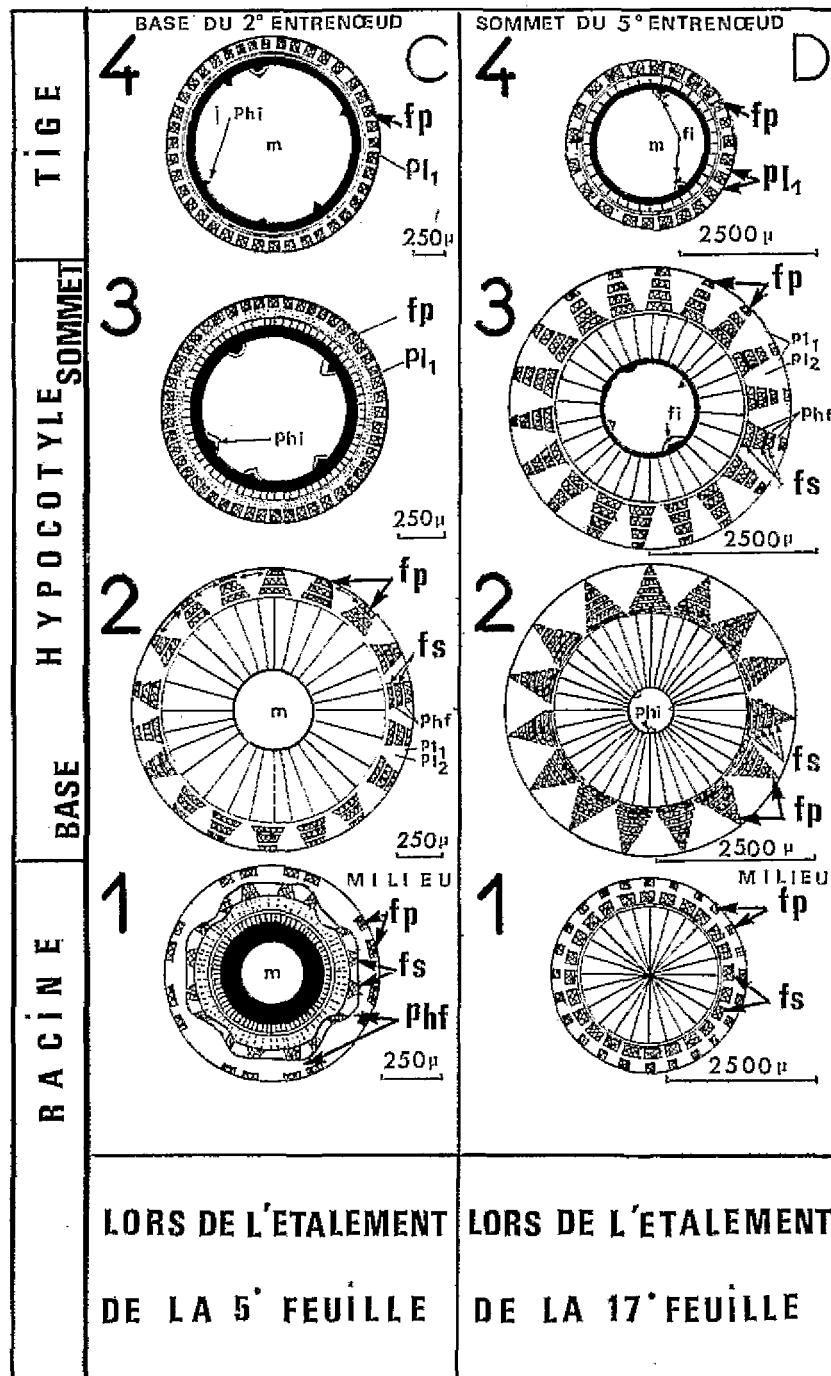


Fig. 1. — C et D.

(fig. 1, B2), les premières assises de phloème secondaire se mettent en place et forment les premiers faisceaux de fibres secondaires, *fs*.

Le phloème secondaire possède une uniformité de structure et d'évolution dans toutes les parties de la plante; il se dispose en un anneau circulaire et régulier (fig. 1, B3). Néanmoins, dans la racine (fig. 1, B1 et C1) et dans la partie basale de l'hypocotyle (fig. 1, B2), l'ensemble des « sous-massifs » phloémiens secondaires situés sous le phloème primaire forme, en section transversale, des arcs de cercle semblables à ceux construits par le phloème primaire. De plus, les « sous-massifs » phloémiens secondaires, situés sous les faisceaux de fibres primaires qui constituent l'extrémité des massifs primitifs de phloème primaire (fig. 1, B2, flèches doubles), sont comprimés et repoussés vers le xylème.

Troisième phase : au cours de la troisième phase (fig. 1, C2 et D3), des assises de phloème secondaire sont successivement mises en place, et forment des « sous-massifs » phloémiens disposés régulièrement en anneaux circulaires. À leur niveau se forment des faisceaux de fibres, *fs*, séparés radialement par du phloème secondaire resté cellulosique, *pl2*, la lignification des « sous-massifs » phloémiens s'effectue dans l'ordre d'apparition des assises successives de phloème secondaire entre lesquelles subsiste également du phloème fonctionnel cellulosique, *phf*. Les « sous-massifs » fibreux des diverses assises se superposent et constituent radialement de véritables « rangées » fibreuses. Chaque « rangée » comporte, depuis l'écorce jusqu'au cambium, un faisceau de fibres appartenant à chacune des assises successivement formées.

Quatrième phase : au cours de la quatrième phase (fig. 1, D2), les « rangées » fibreuses se groupent pour constituer des massifs en forme de triangle. La création de ces massifs fibreux complexes est due aux deux phénomènes suivants :

a) augmentation continue du nombre des faisceaux de fibres des assises successives ;

b) accroissement tangentiel et division des cellules médianes de certaines formations de parenchyme phloémien primaire et secondaire.

Quand la plante se développe, le nombre de cellules du cambium augmente progressivement dans le sens tangentiel par suite de recloisonnements anticlines des cellules cambiales (pl. IV, fig. 2, c, et flèches fines). Le nombre des cellules phloémiennes issues des divisions successives du cambium s'accroît de même et le nombre de fibres secondaires de deux assises successives est aussi en constante augmentation, dans le sens tangentiel. Il en est de même pour les faisceaux qui les groupent, ceux-ci étant séparés les uns des autres par du parenchyme phloémien nouvellement formé.

En section transversale (pl. IV, fig. 2), depuis l'assise externe de fibres primaires, *fp*, puis au contact des assises successives de fibres d'origine secondaire, *fs*, existent deux sortes de formations phloémiennes restées cellulosiques. Les premières, d'origine exclu-

sivement primaire, *pl1*, séparent les fibres d'origine primaire. Elles sont le plus souvent constituées, en section transversale, de 3 cellules volumineuses (*pl1* et flèches épaisses). Les secondes (pl. IV, fig. 2; pl. V, fig. 1, *pl2*), ou « rayons » de parenchyme phloémien, issues du cambium, séparent radialement les massifs fibreux d'origine secondaire. Elles s'étendent à partir du cambium jusqu'au contact des massifs de fibres primaires et sont, pour une partie d'entre elles, en continuité avec les précédentes. À partir du cambium, d'ailleurs (pl. V, fig. 2, c, et flèches épaisses), des rayons ligneux s'installent aussi dans le xylème secondaire, *lys*, en continuité avec les rayons de parenchyme phloémien; ce sont les « vascular rays » de ESAU [5].

Dans la racine d'une plante ayant formé 31 feuilles (pl. III, fig. 2 et pl. V, fig. 2) et dans l'hypocotyle (pl. IV, fig. 2), mais aussi à la base de la tige (pl. VI, fig. 1), les cellules médianes de la moitié environ des formations phloémiennes primaires restées cellulosiques s'accroissent en direction tangentielle (*pl1*, flèches); au niveau où cet accroissement ne se réalise pas, plusieurs ensembles fibreux restent groupés (pl. VI, fig. 2, E). Ils constituent alors des massifs complexes possédant plusieurs faisceaux de fibres primaires, *fp*, et de 10 à 40 faisceaux de fibres secondaires, *fs*.

Le processus précédent débute à la base de l'hypocotyle au moment de l'étalement de la 4^e feuille (fig. 1, B2, flèches doubles et flèches fines); il se propage depuis les cellules phloémiennes primaires situées à la limite de l'écorce, puis il progresse en direction du cambium; il s'intensifie au moment de l'étalement de la 5^e feuille (fig. 1, C2, flèches fines).

Si l'on suit radialement, à partir du cambium et jusqu'aux fibres primaires (pl. III, fig. 2, pl. VI, fig. 2, c et *fp*), les faisceaux de fibres successivement formés, l'ensemble des fibres comprises entre deux rayons de parenchyme phloémien est en forme de triangle. Cette disposition se réalise d'abord à la base de l'hypocotyle (fig. 1, D2), puis elle progresse en direction du sommet de la racine (pl. III, fig. 2) et de la base de la tige (pl. VI, fig. 2). Ceci recrée une hétérogénéité de structure entre les régions précédentes, où le phénomène se produit, et une grande partie de la racine et de la tige où il n'intervient pas. Pour une plante d'un âge donné, le phénomène est toujours le plus avancé à la base de l'hypocotyle, il s'atténue en direction de l'apex radiaire d'une part, et du point végétatif d'autre part.

Différenciation maximum des fibres :

La différenciation maximum des cellules fibreuses semble acquise très rapidement. Elle correspond en fait à la lignification complète des cellules des « sous-massifs » phloémiens d'une même assise. Les différents faisceaux de fibres formés subsistent pendant toute la vie de la plante.

L'activité cambiale est continue et indéfinie. Ainsi, il semble qu'il n'y ait pas de limite quant au nombre d'assises phloémiennes successives qui peuvent se mettre en place.

IV. — PHLOÈME ET FIBRES INTERNES. ORGANISATION ET ÉVOLUTION

Le phloème interne pérимédullaire (phloème inclus) (pl. VII, fig. 1, *phi*) constitue des massifs situés autour des faisceaux du xylème primaire, *xy*. Ces massifs existent dans la plus grande partie de l'hypocotyle, dans la tige et dans le pétiole des feuilles où leur organisation est identique. Ils sont absents dans la racine.

Au moment de l'étalement de la 11^e feuille (pl. VII, fig. 2), les premières fibres internes, *fi*, apparaissent dans la partie supérieure du premier entrenœud. Les cellules situées au contact de la moelle commencent les premières à épaissir leurs parois et à se lignifier. La lignification progresse ensuite par différenciation centrifuge; elle se poursuit également en direction de l'hypocotyle d'une part, et du point végétatif d'autre part.

A un niveau déterminé, les massifs de phloème interne n'ont pas tous la même importance ni le même état évolutif (pl. VIII, fig. 1 et 2).

Quand la plante vieillit, la formation des fibres internes dans la tige se produit au même niveau que celle des fibres phloémiennes primaires externes.

Longitudinalement, les faisceaux de fibres internes forment des sortes de veines parallèles entre elles et

d'inégale importance, les plus précocement formées étant les plus volumineuses. Ces faisceaux de fibres sont apparemment répartis sans ordre tout autour de la moelle et sont plus épais dans la zone basale de la tige que dans les autres parties de la plante.

V. — ANATOMIE ET RÉPARTITION DES FIBRES DANS DES PLANTES D'UN AGE DÉTERMINÉ

Le tableau 1 fournit les caractéristiques principales des formations vasculaires d'une plante possédant 31 feuilles. Il indique le niveau où apparaissent les différents types de fibres dans la racine, dans l'hypocotyle et dans la tige et leur extension longitudinale dans les diverses parties de la plante.

L'examen de ce tableau permet de relever les points suivants :

1. C'est au sommet de la racine et à la base de l'hypocotyle que le nombre d'assises fibreuses est le plus important; à ce niveau, 6 assises de fibres externes (1 primaire et 5 secondaires) sont présentes, alors que 3 seulement sont visibles (1 primaire et 2 secondaires) dès le 3^e entrenœud et 2 dans le 9^e entrenœud (1 primaire et 1 secondaire).

Tableau 1. — Mise en place et caractéristiques principales des formations vasculaires dans les différentes parties de la plante, au moment de l'étalement de la 31^e feuille.

	RACINE			HYPOCOTYLE			TIGE numéro des entrenœuds (1)									
	près de l'apex	milieu	sommet	base	milieu	sommet	2	7	8	12	16	24	26	28	31	
Fibres primaires externes ..																
Fibres secondaires :																
1 ^{re} assise																
2 ^e assise																
3 ^e assise																
4 ^e assise																
5 ^e assise																
Fibres internes pérимédullaires																
Phloème interne																
Faisceaux de fibres externes disposées :																
— en rayons																
— en triangle																
Xylème formant un anneau continu																

(1) Numéro des entrenœuds, de 1 à 31, compté à partir du sommet de l'hypocotyle, au niveau de l'insertion des cotylédons.

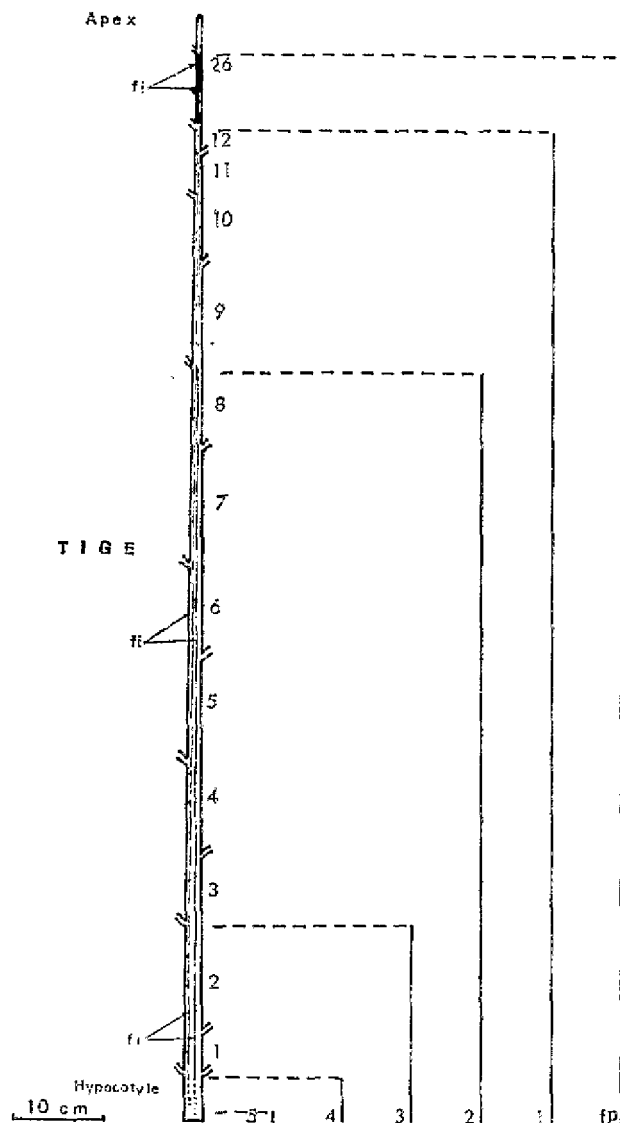


Fig. 2. — Diagramme des assises fibreuses dans les parties aériennes d'une plante de 115 cm de hauteur, possédant 31 feuilles, au moment de la mise en place des tout premiers boutons floraux.

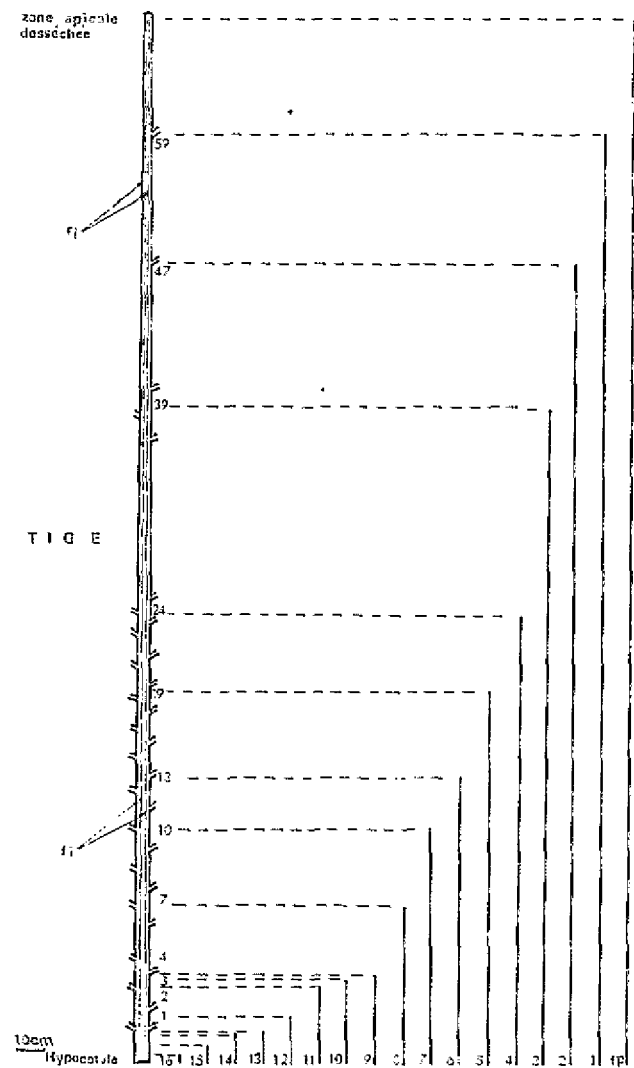


Fig. 3. — Diagramme des assises fibreuses dans les parties aériennes d'une plante de 3,75 m de hauteur, arrivée à la fin de son cycle de développement, au moment de la maturité des capsules.

L'extension longitudinale des assises fibreuses est représentée par un trait vertical dont le sommet correspond à la limite supérieure de différenciation des fibres de l'assise intéressée.

Les assises fibreuses d'origine primaire sont indiquées par :

- fp : fibres externes,
- fi : fibres internes.

Les assises fibreuses d'origine secondaire sont déterminées par un numéro (de 1 à 5) qui correspond à leur ordre de formation, et qui figure à la base du trait vertical qui les représente.

Les chiffres jalonnant l'axe, depuis le sommet de l'hypocotyle jusqu'à l'apex, désignent les numéros des entre-nœuds comptés à partir de l'insertion des cotylédons.

L'extension longitudinale des assises fibreuses est représentée par un trait vertical dont le sommet correspond à la limite supérieure de différenciation des fibres de l'assise intéressée.

Les assises fibreuses d'origine primaire sont indiquées par :

- fp : fibres primaires externes,
- fi : fibres internes.

Les assises fibreuses d'origine secondaire sont déterminées par un numéro (de 1 à 16) qui correspond à leur ordre de formation, et qui figure à la base du trait vertical qui les représente.

Les chiffres jalonnant l'axe, depuis l'hypocotyle jusqu'à la zone apicale, désignent les numéros des entre-nœuds, comptés depuis l'insertion des cotylédons.

2. Les dernières assises fibreuses mises en place ont une faible extension longitudinale, puisque les 3^e, 4^e et 5^e assises de fibres secondaires prennent naissance entre le 2^e entrenœud et la base de l'hypocotyle (22 cm de longueur), ce qui représente le 1/5 de la hauteur de la tige.

3. Une très faible partie de la plante est dépourvue de fibres (4 cm au-dessous du point végétatif et quelques millimètres au-dessus de l'apex radiculaire).

4. La plus grande partie de la tige (85 cm sur 110 cm) possède 3 assises de fibres externes (1 primaire et 2 secondaires).

5. Au niveau du 26^e entrenœud, on remarque, d'autre part, la simultanéité de différenciation des fibres primaires externes, des fibres internes et d'un anneau continu de xylème.

La figure 2 fournit la répartition des assises fibreuses dans les parties aériennes, lors de la formation de la 31^e feuille au moment de la mise en place des tout premiers boutons floraux. Son examen met en évidence la grande extension des assises de fibres primaires, *fp* et *fi*, et des deux premières assises (1 et 2) de fibres secondaires, et, par contre, la faible extension longitudinale des 3 dernières assises de fibres secondaires formées (3-4 et 5). Elle montre aussi que la limite supérieure atteinte par les fibres internes d'une plante de 31 feuilles se situe, comme pour les fibres primaires externes, au niveau du 26^e entrenœud. Ces fibres internes sont, de plus, absentes à la base de l'hypocotyle.

La figure 3 donne la répartition des assises fibreuses dans les parties aériennes d'une plante de 3,75 m de hauteur, arrivée à la fin de son cycle de développement, au moment de la maturité des capsules (93 entrenœuds ont été dénombrés depuis l'apex jusqu'à l'insertion des cotylédons).

De l'étude de la plante et de l'examen de cette figure, on peut retenir les faits suivants :

1. Les points du diagramme qui correspondent à la limite supérieure de différenciation des 17 assises fibreuses externes (1 primaire, *fp*, et 16 secondaires, de 1 à 16) se répartissent sur une courbe qui a une allure parabolique.

2. Les faisceaux de fibres primaires externes et internes prennent naissance simultanément à la partie haute du plant.

3. Les fibres internes sont pratiquement absentes de l'hypocotyle (où la moelle est elle-même très réduite) ; elles sont très peu nombreuses dans les deux premiers entrenœuds ; elles sont réduites dans le 3^e entrenœud, mais sont bien développées dans la plus grande partie de la tige.

4. Le stade de la formation des « triangles fibreux » (4^e phase de l'évolution de la structure anatomique des massifs phloémiens, au cours du vieillissement de la plante) est atteint à partir du 10^e entrenœud.

Au niveau du pétiole, nous avons remarqué l'existence de fibres phloémiennes primaires externes et de fibres pérимédullaires.

VI. — RÉPARTITION DES DIFFÉRENTES ASSISES DE FIBRES DANS LES DIVERSES PARTIES DE LA PLANTE EN FONCTION DU NOMBRE DE FEUILLES FORMÉES

Le tableau 2 indique les niveaux où prennent naissance les différents types de fibres, dans la racine, dans l'hypocotyle et dans la tige, depuis la plantule âgée de 200 heures jusqu'à la plante ayant acquis sa 24^e feuille ; il fournit aussi le nombre d'assises fibreuses qui existent aux différents niveaux. Ce tableau montre nettement que les différentes assises fibreuses se forment très rapidement dans l'hypocotyle où leur nombre est maximum ; ainsi, pour une plante ayant formé 19 feuilles, par exemple, il existe, à ce niveau, une assise des fibres primaires externes (ainsi que des fibres internes pérимédullaires), quatre assises de fibres secondaires bien développées, et une cinquième assise en cours de différenciation. Le nombre d'assises fibreuses se réduit dans les premiers entrenœuds et en direction du point végétatif.

Nous nous sommes arbitrairement limité au stade de développement d'une plante possédant 24 feuilles ; en effet, lorsque la plante vieillit, le nombre d'assises fibreuses augmente régulièrement et d'une manière illimitée. Ainsi, à la base de l'hypocotyle d'une plante ayant acquis sa 44^e feuille, par exemple, il existe 9 assises successives de fibres externes, il en existe 17 quand la plante possède 93 feuilles.

VII. — CONCLUSIONS

Dans la racine, comme dans les parties aériennes de l'*Hibiscus cannabinus* L. (Malvacées), les fibres externes se groupent en « sous-massifs » ou en massifs plus complexes qui sont répartis en plusieurs assises concentriques ; la racine ne renferme que deux sortes de fibres phloémiennes, toutes externes : des fibres d'origine primaire et des fibres d'origine secondaire, alors que les parties aériennes possèdent également des massifs de phloème primaire interne dans lesquels se constituent des faisceaux de fibres pérимédullaires.

Les éléments fibreux externes ont une disposition et une structure différentes selon leur niveau dans les diverses parties de la plante. Leur évolution est d'autant plus avancée que l'on se rapproche de la zone basale de l'hypocotyle ; elle s'effectue en quatre phases successives : après un stade juvénile qui intéresse les formations primaires de la jeune plantule, les premières assises de phloème secondaire se mettent en place ; à leur niveau se forment les premiers faisceaux de fibres secondaires ; de la même manière se constituent ensuite plusieurs assises successives de fibres d'origine secondaire, dont les faisceaux acquièrent radialement une disposition rayonnante. Enfin, l'association d'éléments fibreux plus complexes entraîne la constitution de massifs en forme de triangle qui caractérisent les formations fibreuses, dans la plus grande partie de la plante adulte.

Tableau 2. — Début de formation des différents types de fibres dans les diverses parties de la plante (racine, hypocotyle ou tige) depuis la plantule âgée de 200 heures jusqu'à la plante ayant acquis sa 24^e feuille.
(L'âge de la plante est indiqué en heures, h, ou en nombre de feuilles formées, f.)

Type de fibres	Racine	Hypocotyle	Tige - numéro des entrenœuds (1)						
			1	2	3	4	5	6	7
Fibres primaires externes	260 h	200 h	5 f	9 f	10 f	12 f	13 f	15 f	17 f
Fibres secondaires :									
1 ^{re} assise	3 f	4 f	11 f	12 f	17 f	18 f	19-20 f	22 f	24 f
2 ^e assise	6 f	5 f	17 f	20-24 f	24 f				
3 ^e assise	12 f	11 f	20-24 f						
4 ^e assise	17 f	13-24 f							
5 ^e assise	19 f	19-24 f							
Fibres internes pérимédullaires		17 f	11 f	11-12 f	11-12 f	12 f	13 f	15 f	17 f

(1). — Numéro des entrenœuds, de 1 à 7, compté à partir du sommet de l'hypocotyle, au niveau de l'insertion des cotylédons.

On voit, par exemple, qu'au niveau du 3^e entrenœud de la tige, une plante ayant formé 17 feuilles possède une première assise de fibres secondaires en voie de formation et, par conséquent, également une assise de fibres primaires externes ainsi que des fibres internes pérимédullaires. Une plante ayant formé de 13 à 24 feuilles possèdera, au niveau de l'hypocotyle, une assise de fibres primaires externe (et des fibres internes pérимédullaires si elle a plus de 17 feuilles), trois assises de fibres secondaires bien développées, la quatrième étant au début de sa différenciation. De même une plante ayant formé 12 feuilles possède, au niveau de la racine, une assise de fibres primaires, deux assises de fibres secondaires bien développées et une troisième assise en cours de différenciation.

La structure des faisceaux de fibres internes est identique, quel que soit leur niveau, mais des différences d'évolution affectent les divers massifs d'un même niveau.

La mise en place et le développement des cellules phloémiques ont pu être suivis depuis les premières heures de la germination jusqu'au vieillissement complet de la plante arrivée à la fin de son cycle de développement au moment du mûrissement des capsules (plante âgée de 150 jours et ayant formé 93 feuilles).

Cette étude a mis en évidence la grande extension longitudinale de l'assise externe de fibres primaires, la rapidité de formation des assises de fibres externes primaires et secondaires dans la base de l'hypocotyle et le caractère continu et indéfini du fonctionnement du cambium et de la formation des assises successives de fibres secondaires. Elle donne, de plus, le diagramme des formations fibreuses de la plante, à un moment quelconque de son développement.

BIBLIOGRAPHIE

1. BEAUVERIE J., 1913. — Les textiles végétaux. Gauthiers-Villars, Paris.
2. BOURÉLY J., 1969. — Origine et mise en place des fibres dans les parties aériennes de l'*Hibiscus cannabinus* L. (Malvacées). C.R. Acad. Sc., 268, 1714-1717.
3. DEYSSON G., 1954. — Eléments d'anatomie des plantes vasculaires. S.E.D.E.S., Paris.

4. ESAU K., 1943. — Vascular differentiation in the vegetative shoot of *Linum*. III. The origin of the bast fibers. Amer. J. Bot., 30, 579-586.
5. ESAU K., 1953. — Plant anatomy. J. Wiley ed., New York.
6. KIRBY R.H., 1963. — Vegetable fibers. Botany. Cultivation and utilization. Leonard Hill (Books) Limited London. Interscience Publishers, Inc., New York.
7. KUNDU B.C., K.C. BASAK et P.B. SARCAR, 1959. — Jute in India. Publié par The Indian Jute Committee, Calcutta.
8. MAILLARD F. et O. ROEHRICH, 1940. — Contribution à l'étude du Jute. Industrie textile, Paris.
9. METCALFE C.R. et L. CHALK, 1950. — Anatomy of the Dicotyledons. Oxford University Press, London.
10. VENNING F.D., 1958. — Developmental morphology and physiology of Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.). Proceedings of the world conference on Kenaf, Habana, Cuba, oct. 1958. International cooperation administration, Washington.

SUMMARY

The aerial parts of *Hibiscus cannabinus* L. (Malvaceae) include three sorts of phloem fibers: external fibers, the outer being primary in origin, the others secondary, and internal, perimedullary fibers of primary origin.

The root includes only external primary and secondary fibers which appear in the young plant aged 260 hours then during all the life of the plant.

The anatomic structure of the external phloem masses vary according to the age of the plant and

their level in the different parts of it. In the old plant, at the level where the differentiation is maximum, the characteristic structure of the fiber masses takes the form of a triangle. The internal phloem masses which exist only in the aerial parts of the plant form bundles of perimedullary phloem fibers, variable in number and importance according to their level in the plant and their position around the pith.

The external primary layer of fiber bundles has the greatest longitudinal extension; the layers of secondary fibers the last formed are shorter.

The different kinds of fibers are formed at precise levels according to the age of the plant, so that it is possible to draw a diagram of the fiber-layers in the different parts of the plant.

RESUMEN

El *Hibiscus cannabinus* posee en sus partes aéreas tres clases de fibras floemienas, fibras externas, unas de origen primario, otras de origen secundario y

fibras perimedulares de origen primario. En la raíz no existen más que fibras externas, primarias y secundarias, que hacen su aparición a partir de la plántula de 260 horas de edad, y después a lo largo de la vida de la planta.

La estructura anatómica de los macizos floemienos externos varía con la edad de la planta y según su nivel en los diferentes órganos. Se caracteriza, en la planta de edad, cuando la evolución es máxima, por la constitución de macizos fibrosos en forma de triángulo. El floema interno que existe solamente en las partes aéreas, origina el nacimiento de haces de fibras floemienas perimedulares, variables en número y en importancia según su nivel en la planta y su posición alrededor de la médula.

En una planta de edad determinada, el asiento de fibras externas, primarias, muestra la mayor extensión longitudinal; los asientos de fibras secundarias, los últimos formados, son los más reducidos.

Los diferentes tipos de fibras se forman en niveles precisos según la edad de la planta, lo que permite trazar el diagrama de los asientos fibrosos en las diversas partes de ésta.

EXPLICATION DES PLANCHES

Légendes communes à toutes les planches :

c : cambium ; *E* : ensemble fibreux en forme de triangle groupant plusieurs faisceaux de fibres primaires et de 10 à 40 faisceaux de fibres secondaires ; *fi* : fibres internes pérимédullaires ; *fp* : fibres externes primaires ; *fs* : fibres externes secondaires ; *m* : moelle ; *ph* : phloème primaire cellulosique dont les « sous-massifs » se transformeront en fibres ; *phf* : phloème fonctionnel ; *phi* : phloème interne pérимédullaire ; *pl1* : parenchyme phloémien primaire ; *pl2* : parenchyme phloémien secondaire ; *xy* : xylème primaire ; *xys* : xylème secondaire.

Sections transversales dans la racine, dans l'hypocotyle et dans la tige de l'*Hibiscus cannabinus* L., coupes à main levée.

Coloration : bleu de méthylène et rouge de ruthénium.

Sauf Pl. VII, fig. 1, fixation au mélange de Navachine, épaisseur de la coupe : 5 μ . Même coloration.

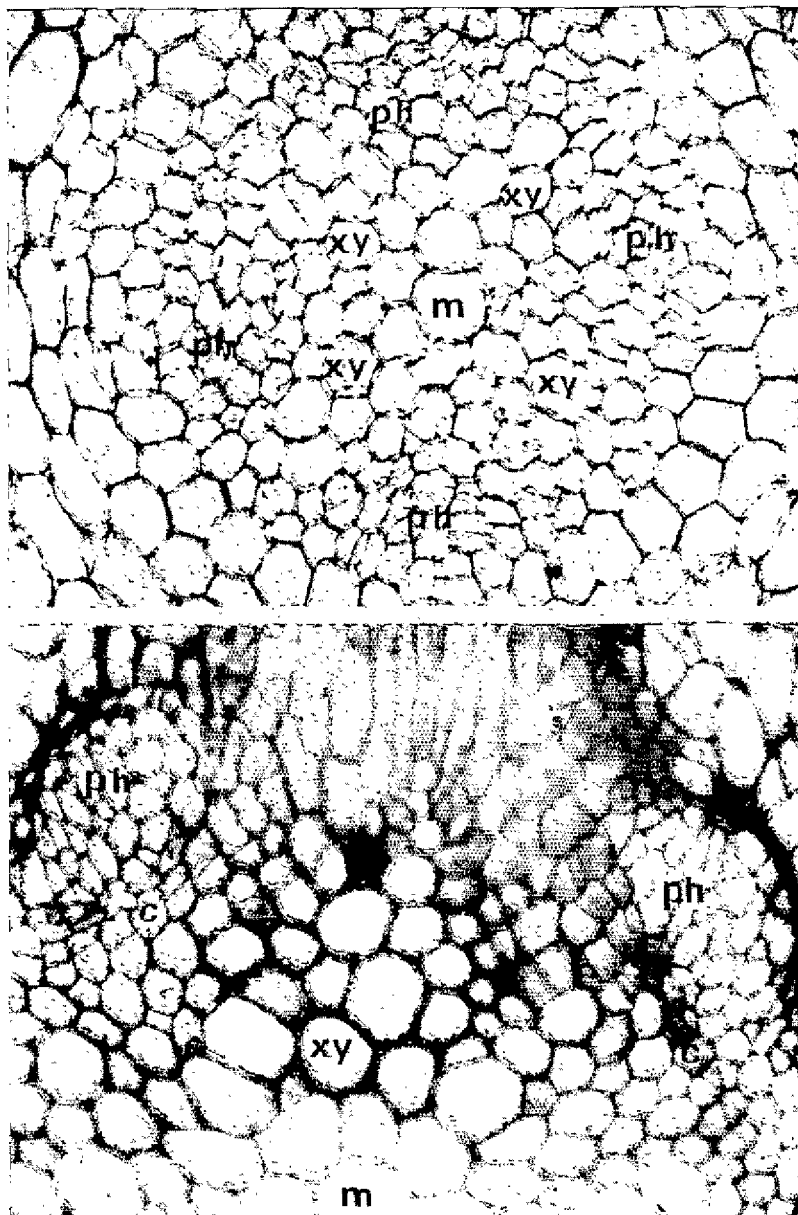
Planche I à III : Racine.

Planche IV : Hypocotyle.

Planche V : Racine et tige.

Planches VI, VII et VIII : Tige.

PLANCHE I



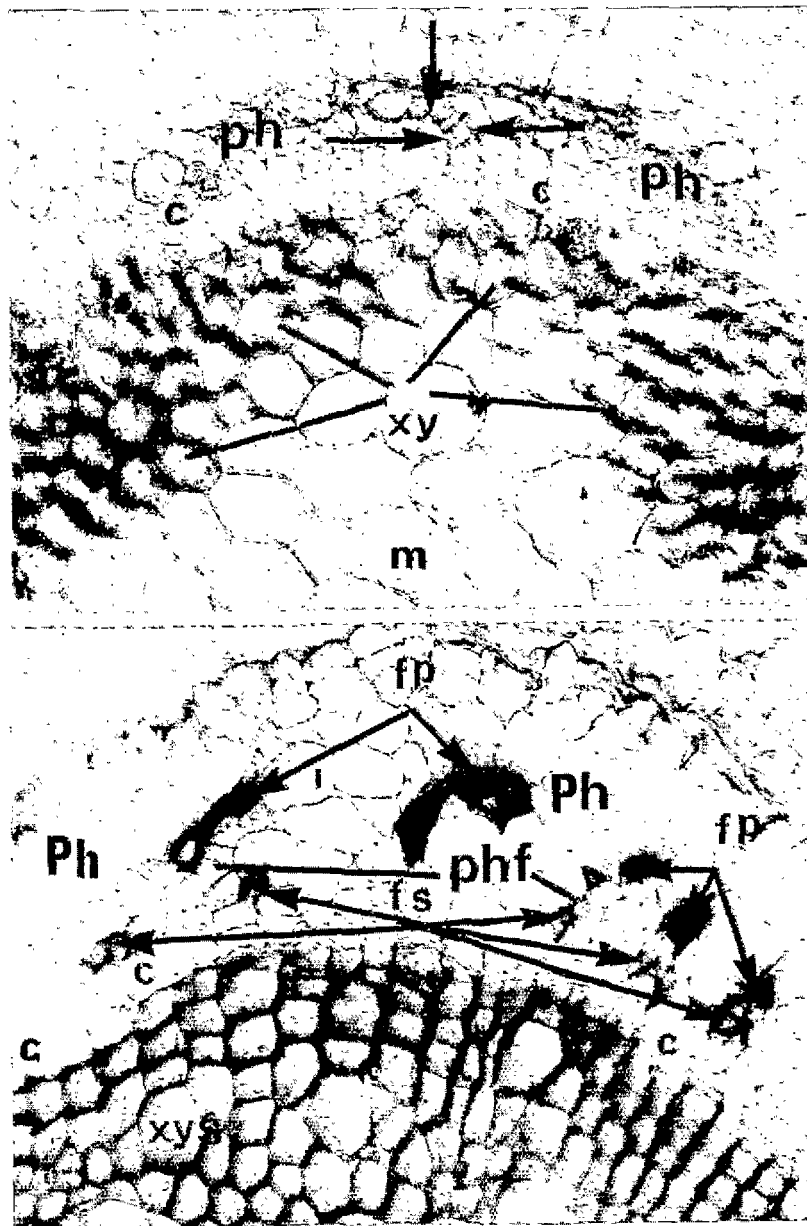
EXPLICATION DE LA PLANCHE I

RACINE

Fig. 1. — Germination de 48 heures. Section passant à 2 mm de l'extrémité racinaire. Début de différenciation des quatre massifs de phloème primaire, *ph*. Le xylème, *xy*, est encore entièrement cellulosique ; la moelle, *m*, occupe le centre du cylindre central. (G \times 380).

Fig. 2. — Germination de 200 heures. Racine ; coupe située à 4 mm de l'apex. Les parois des cellules phloémiennes, *ph*, ne sont pas encore épaissies. On distingue deux massifs phloémiens, *ph*, séparés du xylème, *xy*, par un cambium, *c*, en voie de formation. La zone médullaire, *m*, est encore bien développée à ce niveau. (G \times 380).

PLANCHE II



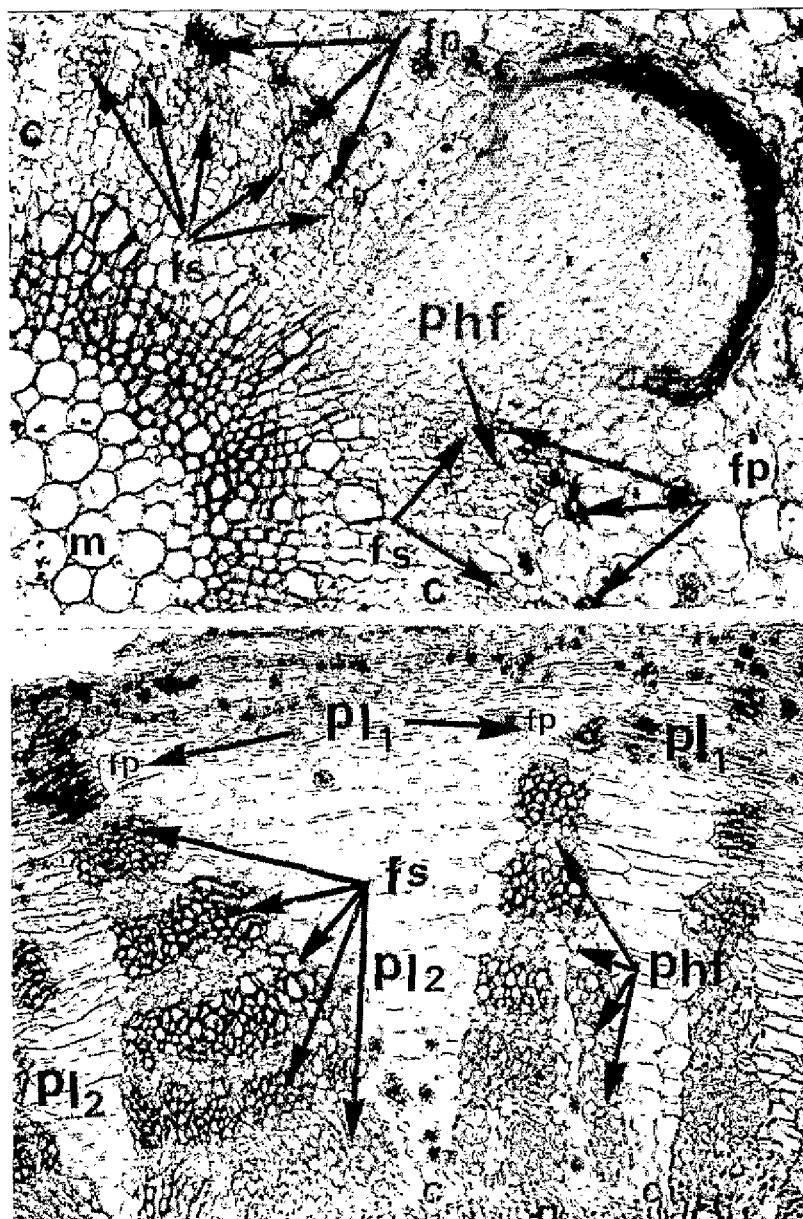
EXPLICATION DE LA PLANCHE II

RACINE

Fig. 1. — Germination de 260 heures. Coupe passant à 15 mm de l'extrémité radiculaire. Les cellules médianes et externes des massifs de phloème, *ph*, commencent à épaissir leurs parois (flèches). Le xylème, *xy*, forme un anneau continu. (G \times 380).

Fig. 2. — Section effectuée à 3 mm du collet et 10 mm de l'extrémité radiculaire, lors de l'étalement de la 2^e feuille. Quelques fibres secondaires, *fs*, se sont déjà précocement formées, séparées du xylème secondaire, *xys*, par un cambium réduit, *c*, et des fibres primaires, *fp*, par une ou deux assises de phloème fonctionnel, *phf*. (G \times 380).

PLANCHE III



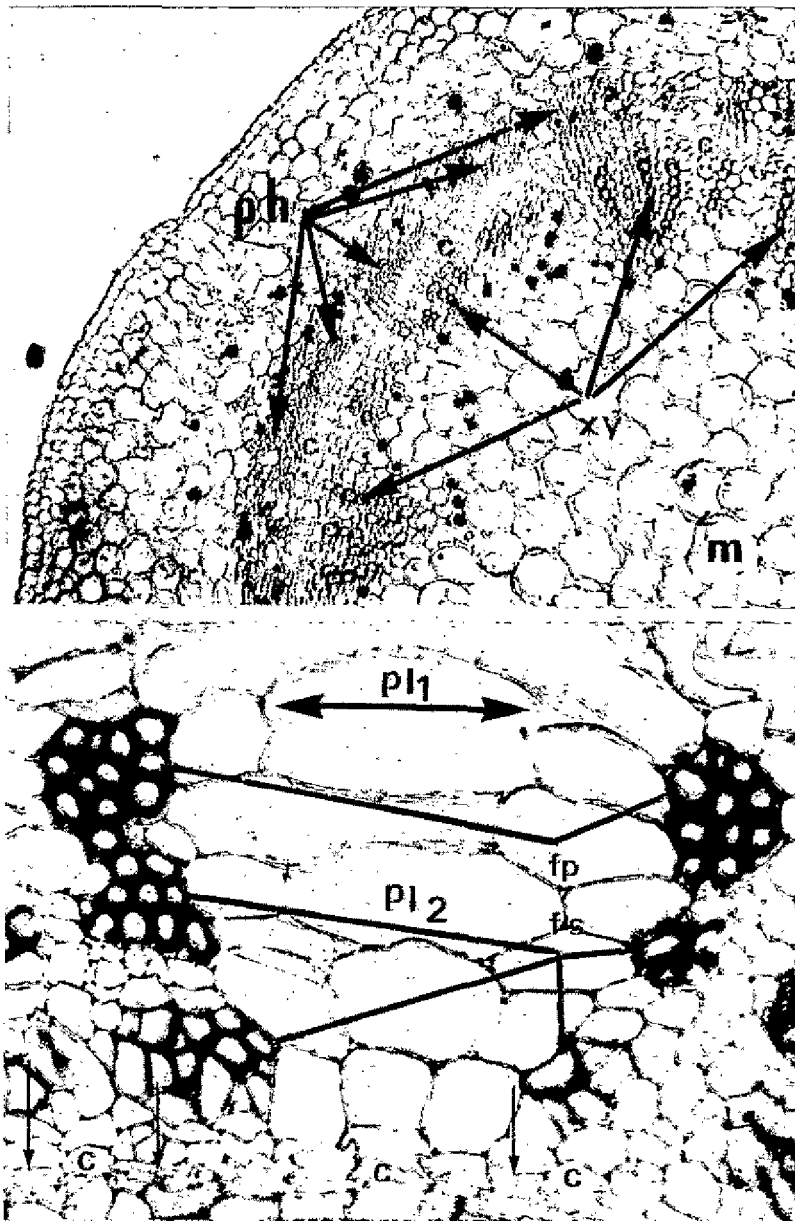
EXPLICATION DE LA PLANCHE III

RACINE

Fig. 1. — Section effectuée à 25 mm de la pointe radulaire, lors de l'étalement de la 3^e feuille; formation de la première assise de fibres secondaires, *fs*, séparée du xylème en anneau par un cambium, *c*, bien développé, et des fibres primaires, *fp*, par une ou deux assises de phloème fonctionnel, *phf*. (G \times 138).

Fig. 2. — Racine d'une plante possédant 31 feuilles. Coupe transversale effectuée à 1 cm du collet et à 13 cm de la pointe radulaire, montrant les 6 assises de fibres externes formées, une assise de fibres primaires, *fp*, et 5 assises de fibres secondaires, *fs*, séparées les unes des autres par du phloème cellulosique fonctionnel, *phf*. *pl* 1 et *pl* 2, parenchyme phloémien primaire ou secondaire (G \times 90).

PLANCHE IV



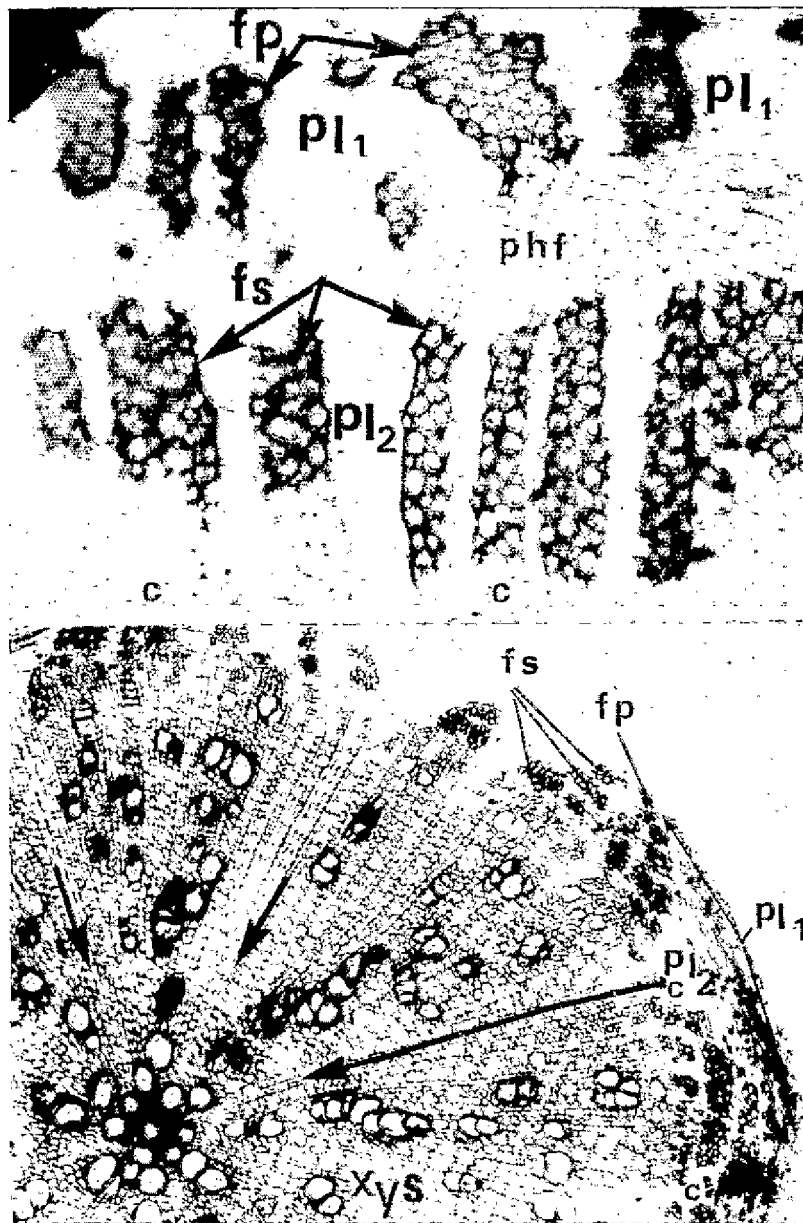
EXPLICATION DE LA PLANCHE IV

HYPOCOTYLE

Fig. 1. — Coupe effectuée au milieu de l'hypocotyle lors de l'étalement de la 4^e feuille. Le phloème, *ph*, est superposé au xylème, *xy*, et forme un anneau circulaire; il constitue des « sous-massifs » dont toutes les cellules évolueront simultanément en fibres. (G \times 67).

Fig. 2. — Base de l'hypocotyle, au moment de l'étalement de la 5^e feuille. Remarquer la présence de 3 cellules volumineuses de parenchyme phloémien primaire, *pl 1*, entre les fibres d'origine primaire, *fp*, et l'accroissement tangential de la cellule centrale (flèches épaisses). Les rayons de parenchyme phloémien secondaire, *pl 2*, situés entre les faisceaux de fibres secondaires, *fs*, débutent à partir du cambium, *c*, et se poursuivent, ici, en continuité avec le parenchyme phloémien, *pl 1*. Noter le recloisonnement anticline de certaines cellules cambiales (*c* et flèches fines). (G \times 380).

PLANCHE V



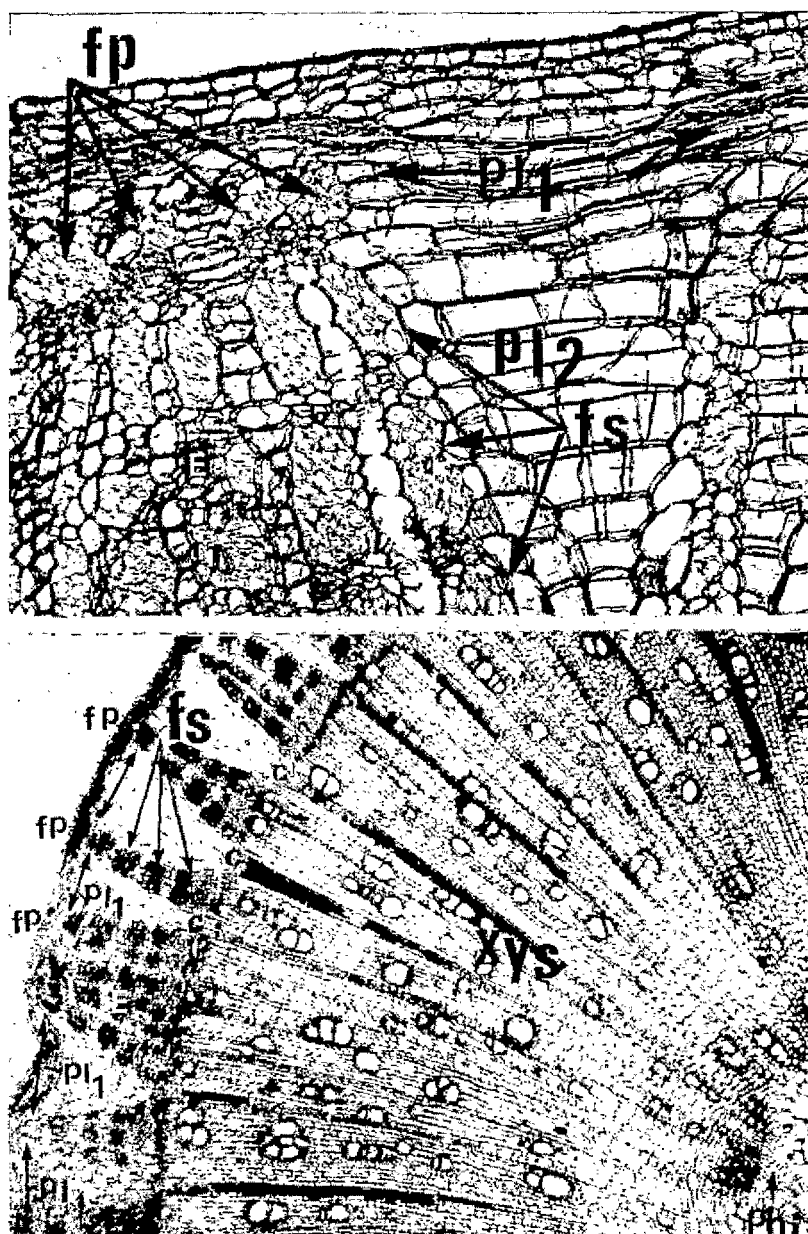
EXPLICATION DE LA PLANCHE V

TIGE et RACINE

Fig. 1. — *TIGE*. Coupe de la base du 1^{er} entrenœud, lors de l'étalement de la 31^e feuille. Remarquer les formations phloémiques restées cellulodiques : celles d'origine primaire, *pl 1*, situées entre les faisceaux de fibres primaires, *fp*, se distinguent nettement des « rayons de parenchyme phloémien », *pl 2*, d'origine secondaire qui séparent radialement les faisceaux de fibres secondaires, *fs*. Le phloème fonctionnel, *phf*, est situé entre les faisceaux de fibres primaires, *fp*, et les faisceaux de fibres secondaires, *fs*. (G \times 160).

Fig. 2. — *RACINE*. Coupe pratiquée à 2 cm de l'extrémité radiculaire, lors de l'étalement de la 31^e feuille. Remarquer l'allongement considérable des cellules centrales de certaines formations phloémiques cellulodiques primaires, *pl 1*, (flèches fines), et, en continuité avec elles, les « rayons de parenchyme phloémien » secondaire, *pl 2*, et, dans le xylème secondaire, *xys*, les rayons ligneux (*c* et flèches épaisses). (G \times 40).

PLANCHE VI



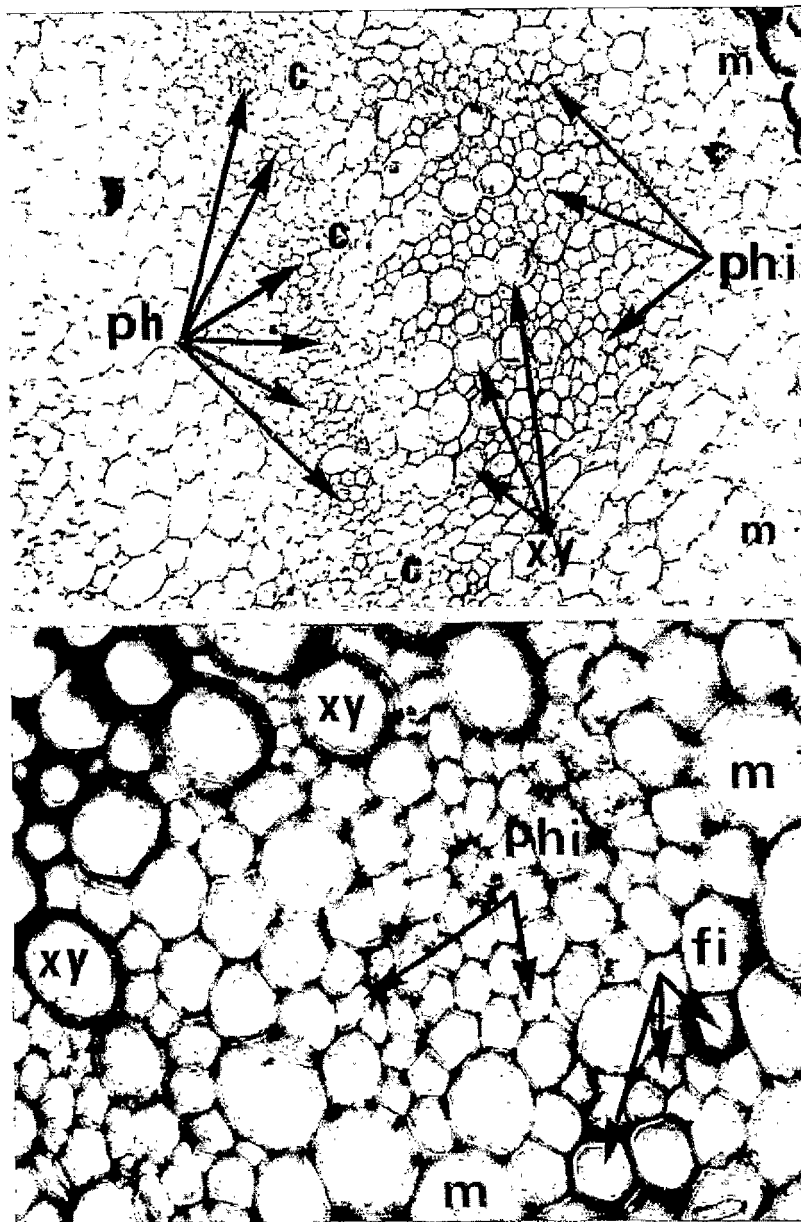
EXPLICATION DE LA PLANCHE VI

TIGE

Fig. 1. — Base de la tige. Coupe réalisée au niveau du premier entrenœud, au moment de l'étalement de la 31^e feuille, montrant l'accroissement tangentiel, puis la division des cellules médianes de certaines des formations phloémiennes primaires restées cellulosiques. *pl 1*, (flèches), phénomène qui se propage dans les formations phloémiennes cellulosiques secondaires. *pl 2* (G \times 140).

Fig. 2. — Vue d'ensemble des formations fibreuses de la figure précédente montrant la disposition des massifs fibreux en triangles qui comportent un seul faisceau de fibres primaires, *fp*, ou en ensembles plus complexes, *E*, qui en possèdent plusieurs. Remarquer les formations du parenchyme phloémien cellulosique dans lesquelles se sont produit l'accroissement tangentiel, puis la division des cellules médianes (*pl 1* et flèches fines). (G \times 35).

PLANCHE VII



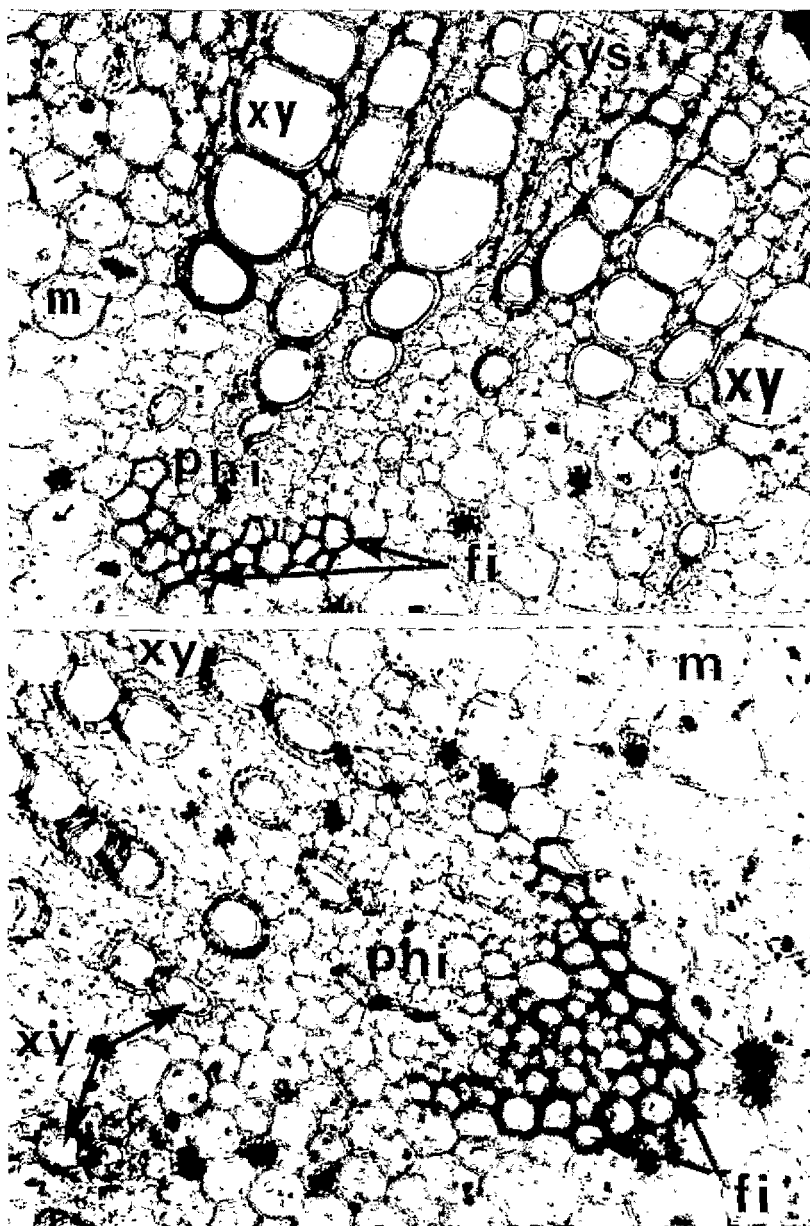
EXPLICATION DE LA PLANCHE VII

TIGE

Fig. 1. — Coupe effectuée au niveau du 8^e entrenœud, lors de l'étalement de la 13^e feuille. Remarquer l'importance du faisceau de phloème interne péri-médullaire, *phi*, par rapport aux faisceaux de phloème primaire externe, *ph*. Epaisseur de la coupe : 5 μ . (G \times 160).

Fig. 2. — Base de la tige. Coupe effectuée au niveau du 1^{er} entrenœud, à 3 cm au-dessous de l'insertion de la première feuille lors de l'étalement de la 11^e feuille. Les premières fibres internes, *fi*, se forment dans un massif de phloème interne, *phi*, autour des faisceaux du xylème primaire, *xy*, et à la périphérie de la moelle, *m*. (G \times 380).

PLANCHE VIII



EXPLICATION DE LA PLANCHE VIII

TIGE

Coupes effectuées au niveau du 25^e entrenœud, lors de l'étalement de la 43^e feuille. (G. x. 160).

Fig. 1. — Noter le développement réduit du massif de phloème interne, *phi*, incomplètement lignifié (une vingtaine de cellules fibreuses, *fi*).

Fig. 2. — Au même niveau que fig. 1, un autre massif de phloème interne, *phi*, comporte un plus grand nombre de cellules fibreuses, *fi* (une cinquantaine), et se trouve à un état évolutif beaucoup plus avancé.